

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-295533

(43)Date of publication of application : 09.11.1993

(51)Int.Cl. C23C 14/34  
C23C 16/50

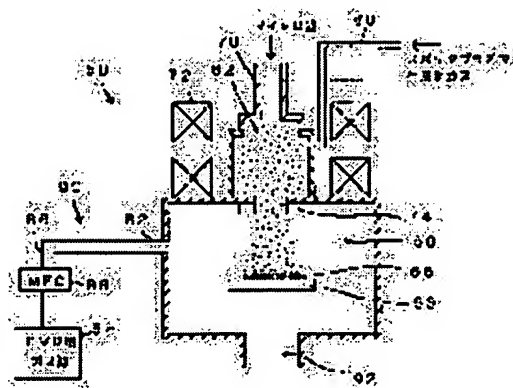
(21)Application number : 04-122865 (71)Applicant : SONY CORP  
(22)Date of filing : 17.04.1992 (72)Inventor : SUMI HIROBUMI

## (54) FILM FORMING METHOD AND FILM FORMING DEVICE USING ELECTRON CYCLOTRON RESONANCE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide the film forming method and film forming device which can form thin films uniformly at a high thin film forming speed on a substrate and use electron cyclotron resonance (ECR).

**CONSTITUTION:** The film forming method consists in forming the thin film by executing sputtering with the plasma formed by ECR and simultaneously forming the thin film of the same kind as the thin film formed by the sputtering by an ECR-CVD method. The ECR film forming device consists of (a) a sputtering plasma chamber 62 which is disposed with a magnet 68 on the outer side, (b) a waveguide 70 which is mounted at one end to the sputtering plasma chamber 62 and is mounted to a microwave generator, (c) a film forming chamber 60, the inlet part of which is communicated with the outlet part of the sputtering plasma chamber, (d) a sputtering target 74 which is disposed in the inlet part of the film forming chamber so as to enclose the plasma flow formed of the sputtering plasma chamber and (e) a gas introducing part 82 for CVD which is provided in the film forming chamber.



## LEGAL STATUS

BEST AVAILABLE COPY

[Date of request for examination]	06.04.1999
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3334159
[Date of registration]	02.08.2002
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The membrane formation approach characterized by forming the thin film formed by sputtering and a thin film of the same kind with a electron cyclotron resonance CVD method at the same time it performs sputtering with the plasma generated by the electron cyclotron resonance and forms a thin film.

[Claim 2] The membrane formation approach according to claim 1 characterized by the source of plasma production for sputtering differing from the source of plasma production for a electron cyclotron resonance CVD method.

[Claim 3] (b) The spatter plasma chamber by which the magnet has been arranged outside, and the waveguide with which the (b) end was attached in the spatter plasma chamber, and the other end was attached in the microwave generator, (Ha) So that the plasma style formed by the membrane formation chamber by which the inlet-port part is opened for free passage by the outlet part of a spatter plasma chamber, and the (d) spatter plasma chamber may be surrounded the spatter target arranged by the inlet-port part of a membrane formation chamber, and the material-gases-for-CVD induction prepared in the (e) membrane formation chamber -- since -- the electron cyclotron resonance membrane formation equipment characterized by changing.

[Claim 4] (b) The spatter plasma chamber which a magnet is arranged outside and generates the plasma for sputtering, The 1st waveguide with which the (b) end was attached in the spatter plasma chamber, and the other end was attached in the 1st microwave generator, (Ha) So that the plasma style formed by the membrane formation chamber by which the inlet-port part is opened for free passage by the outlet part of a spatter plasma chamber, and the (d) spatter plasma chamber may be surrounded The spatter target arranged by the inlet-port part of a membrane formation chamber, and the CVD plasma chamber which it is open for free passage to a (e) membrane formation chamber, and a magnet is arranged outside, and generates the plasma for CVD, the 2nd waveguide with which the (\*\*) end was attached in the CVD plasma chamber, and the other end was attached in the 2nd microwave generator, and the material-gases-for-CVD induction prepared in the (g) CVD plasma chamber -- since -- the electron cyclotron resonance membrane formation equipment characterized by changing.

[Claim 5] (b) The spatter plasma chamber which a magnet is arranged outside and generates the plasma for sputtering, The 1st waveguide with which the (b) end was attached in the spatter plasma chamber, and the other end was attached in the microwave generator, (Ha) So that the plasma style formed by the membrane formation chamber by which the inlet-port part is opened for free passage by the outlet part of a spatter plasma chamber, and the (d) spatter plasma chamber may be surrounded The spatter target arranged by the inlet-port part of a membrane formation chamber, and the CVD plasma chamber which it is open for free passage to a (e) membrane formation chamber, and a magnet is arranged outside, and generates the plasma for CVD, The 2nd waveguide with which the (\*\*) end was attached in the CVD plasma chamber, and the other end was attached in said microwave generator, the material-gases-for-CVD induction prepared in the (g) membrane formation chamber or the CVD plasma chamber -- since -- the electron cyclotron resonance membrane formation equipment characterized by changing.

[Claim 6] (b) The spatter plasma chamber by which the magnet has been arranged outside, and the waveguide with which the (b) end was attached in the spatter plasma chamber, and the other end was attached in the microwave generator, (Ha) So that the plasma style formed by the membrane formation chamber by which the inlet-port part is opened for free passage by the outlet part of a spatter plasma chamber, and the (d) spatter plasma chamber may be surrounded the spatter target arranged by the inlet-port part of a membrane formation chamber, and the material-gases-for-CVD induction prepared in the (e) spatter plasma chamber -- since -- the electron cyclotron resonance membrane formation equipment characterized by changing.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the membrane formation approach and membrane formation equipment which used the electron cyclotron resonance.

[0002]

[Description of the Prior Art] Detailed-ization of a semiconductor device is progressing as the degree of integration of a semiconductor device becomes high in recent years. Also among semiconductor devices, the mainstream of a memory device is an MOS mold semiconductor device, and a semiconductor device is usually formed of a process as shown in drawing 5.

[0003] The component isolation region 12 is formed in the [process -10] semi-conductor substrate 10, gate oxidation treatment is performed and gate oxide 14 is formed. Subsequently, post-patterning on which polycrystalline silicon 16 and WSi<sub>2</sub>16A were made to deposit is performed, and the gate electrode field 18 is formed. Next, ion-implantation processing for LDD (Lightly Doped Drain) structure formation is performed, and the low-concentration shallow impurity diffusion field 20 is formed. (Refer to (A) of drawing 5).

[0004] After making silicon oxide deposit all over [a process -20] next, the sidewall 22 which changes from silicon oxide to the flank of the gate electrode field 18 is formed by carrying out etchback of the silicon oxide. Subsequently, the source / drain field 24 is formed by performing ion-implantation processing, and activation annealing treatment is performed further (refer to (B) of drawing 5).

[0005] The layer insulation layer 26 is made to deposit all over after that [ [process -30] ], and opening 28 is formed (refer to (C) of drawing 5). Subsequently, a metal wiring material is made to deposit and a metal wiring layer (for example, aluminum-1%Si/Ti/TiON/Ti structure) is formed. Then, the metal wiring section is formed by performing resist patterning and performing dry etching (refer to (D) of drawing 5). In addition, in (D) of drawing 5, the barrier metal layer to which 30 changes from a Ti/TiON/Ti layer, and 32 are aluminum-1%Si layers. In this way, the connection hole which the metal wiring material deposited in opening 28 is completed.

[0006] In ULSI after the next generation, the detailed pattern formation technique is also increasing difficulty. It is becoming very difficult to embed a metal wiring layer by the conventional spatter, and to form a contact hole, a beer hall, or a through hole (henceforth [ it names generically and ] a connection hole) in opening which has especially a diameter about 0.5 micrometers or less. Then, the approach of forming a connection hole is proposed by filling up opening with aluminum by the so-called elevated-temperature spatter. However, it is necessary to heat a substrate about [ 500 degrees ] to C, and when manufacturing the semiconductor device which has multilayer-interconnection layer structure, a substrate is exposed to an elevated temperature several times. Consequently, there is a problem of becoming easy to generate a void to the aluminum with which it filled up in opening, and causing a fall to the dependability of a semiconductor device, especially a connection hole by heat stress.

[0007] The method of making one of the approaches of solving such a problem fill up metals, such as tungsten, into detailed opening circles with a CVD method is proposed. However, the tungsten which

should be formed receives effect in the surface state on a silicon substrate delicately, and has the problem that the tungsten layer which grew up to be a silicon substrate surface does not exfoliate from a substrate front face, or a tungsten does not grow in the opening department.

[0008] Then, the electron cyclotron resonance (ECR) spatter which performs sputtering with a degree of vacuum thin double figures is proposed from a single figure rather than the degree of vacuum in the conventional spatter as a new spatter. A spatter target is arranged so that the plasma style generated by ECR may be surrounded, and this ECR spatter performs sputtering using some ion in a plasma style. Sputtered particles pass through the inside of a plasma style, and are supplied to a substrate front face.

[0009] Such an ECR spatter is indicated by JP,1-198469,A. The approach indicated by this official report is the approach of forming an oxide superconducting thin film on a substrate using an ECR spatter. And the spatter of the target is carried out for the purpose of expanding the width of face of substrate selection by making membrane formation temperature into low temperature, and the ion generated with the ion generating means is irradiated at a substrate at the same time it deposits on a substrate the matter contained in a target in the ambient atmosphere containing oxygen.

[0010] Since the ion plasma of the high density generated by ECR collides with a substrate front face and diffusion of aluminum arises on a substrate front face when forming an aluminum thin film to a substrate by the ECR spatter approach that it will come, it is thought that the reflow of aluminum is made about [ 200 degrees ] in C. Furthermore, since a sputtering ambient atmosphere is a high vacuum, the mean free path of sputtered particles is long, and cannot be scattered about easily. So, there is an advantage of being hard to generate an overhang configuration in the aluminum deposited on opening.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when it is going to apply such an ECR spatter to the mass-production process of a semiconductor device, a problem as shown below arises.

(A) Since a sputtering ambient atmosphere is a high vacuum, the membrane formation rate of a thin film falls about single figure as compared with the conventional magnetron sputtering method.

(B) Since it is necessary to use the spatter target structure of the shape of a doughnut which encloses a plasma style, it is difficult to be hard to inject sputtered particles in the direction of the substrate which should form membranes from a spatter target, and to make homogeneity form a thin film on the substrate of a large area.

[0012] Therefore, it is in this invention offering the membrane formation approach and membrane formation equipment using an electron cyclotron resonance with which the conventional ECR spatter is improved and the membrane formation rate of a thin film may make homogeneity form a thin film on early and a substrate.

[0013]

[Means for Solving the Problem] While the above-mentioned purpose performs sputtering with the plasma generated by the electron cyclotron resonance and forms a thin film, it can be attained by the membrane formation approach of this invention characterized by forming the thin film formed by sputtering and a thin film of the same kind with an electron cyclotron resonance CVD method.

[0014] In the desirable embodiment of the membrane formation approach of this invention, it is desirable for the source of plasma production for sputtering to differ from the source of plasma production for an electron cyclotron resonance CVD method.

[0015] The electron cyclotron resonance membrane formation equipment concerning the 1st mode of this invention for attaining the above-mentioned purpose consists of the following configurations (refer to drawing 1 ).

(b) The spatter plasma chamber 62 (b) end by which the magnet 68 has been arranged outside is attached in the spatter plasma chamber 62. So that the plasma style formed by the membrane formation chamber 60 (d) spatter plasma chamber by which the inlet-port part is opened for free passage by the outlet part of the waveguide 70 (Ha) spatter plasma chamber by which the other end was attached in the microwave generator may be surrounded Material-gases-for-CVD induction 82 prepared in the spatter target 74 (e) membrane formation chamber arranged by the inlet-port part of a membrane formation chamber [0016] Moreover, the electron cyclotron resonance membrane formation equipment concerning the 2nd mode

of this invention for attaining the above-mentioned purpose consists of the following configurations (refer to drawing 2 ).

(b) Magnet 72A is arranged outside and the spatter plasma chamber 62 (b) end which generates the plasma for sputtering is attached in the spatter plasma chamber 62. So that the plasma style formed by the membrane formation chamber 60 (d) spatter plasma chamber by which the inlet-port part is opened for free passage by the outlet part of the 1st waveguide 70A (Ha) spatter plasma chamber by which the other end was attached in the 1st microwave generator may be surrounded Are open for free passage to the spatter target 74 (e) membrane formation chamber 60 arranged by the inlet-port part of a membrane formation chamber. Magnet 72B is arranged outside and the CVD plasma chamber 64 (\*\*) end which generates the plasma for CVD is attached in the CVD plasma chamber 64. Material-gases-for-CVD induction 82 by which the other end was prepared in the 2nd waveguide 70B (g) CVD plasma chamber 64 or membrane formation chamber 60 attached in the 2nd microwave generator [0017] Furthermore, the electron cyclotron resonance membrane formation equipment concerning the 3rd mode of this invention for attaining the above-mentioned purpose consists of the following configurations (refer to drawing 3 ).

(b) Magnet 72A is arranged outside and the spatter plasma chamber 62 (b) end which generates the plasma for sputtering is attached in the spatter plasma chamber 62. So that the plasma style formed by the membrane formation chamber 60 (d) spatter plasma chamber by which the inlet-port part is opened for free passage by the outlet part of the 1st waveguide 70A (Ha) spatter plasma chamber by which the other end was attached in the microwave generator may be surrounded Are open for free passage to the spatter target 74 (e) membrane formation chamber 60 arranged by the inlet-port part of a membrane formation chamber. Magnet 72B is arranged outside and the CVD plasma chamber 64 (\*\*) end which generates the plasma for CVD is attached in the CVD plasma chamber 64. Material-gases-for-CVD induction 82 by which the other end was prepared in the 2nd waveguide 70B (g) membrane formation chamber 60 or CVD plasma chamber 64 attached in said microwave generator [0018] Furthermore, the electron cyclotron resonance membrane formation equipment concerning the 4th mode of this invention for attaining the above-mentioned purpose consists of the following configurations (refer to drawing 4 ).

(b) The spatter plasma chamber 62 (b) end by which the magnet 68 has been arranged outside is attached in the spatter plasma chamber 62. So that the plasma style formed by the membrane formation chamber 60 (d) spatter plasma chamber by which the inlet-port part is opened for free passage by the outlet part of the waveguide 70 (Ha) spatter plasma chamber by which the other end was attached in the microwave generator may be surrounded Material-gases-for-CVD induction 82 prepared in the spatter target 74 (e) spatter plasma chamber 62 arranged by the inlet-port part of a membrane formation chamber [0019] [Function] Membrane formation at low temperature is possible for this invention, and since it forms membranes to coincidence with an ECR-CVD method with an early membrane formation rate, using the ECR spatter which was moreover excellent in the membrane formation nature in opening etc., it can cope with the mass production of a semiconductor device, and, moreover, can form the thin film of high quality to homogeneity on a substrate.

[0020]

[Example] Explanation about the membrane formation approach which explained the ECR membrane formation equipment of this invention with reference to drawing 1 - drawing 4 , next used the ECR membrane formation equipment of this invention first hereafter is given. In addition, in drawing 1 - drawing 4 , the same reference number expresses the same components or the same element.

[0021] The ECR membrane formation equipment 50 applied to drawing 1 at the 1st mode of this invention is shown. The ECR membrane formation equipment 50 concerning this 1st mode consists of the membrane formation chamber 60 and the spatter plasma chamber 62. And it is characterized by forming the material-gases-for-CVD induction 82 in the membrane formation chamber 60.

[0022] The inlet-port part of the membrane formation chamber 60 and the outlet part of the spatter plasma chamber 62 are open for free passage. The substrate with which 66 should form a thin film on it, and 68 are substrate electrode holders among drawing 1 . The end of the waveguide 70 held at the

vacuum is attached in the spatter plasma chamber 62, and the other end of a waveguide 70 is attached in the microwave generator (not shown). The microwave generated with the microwave generator is led to the spatter plasma chamber 62 through a waveguide 70. The magnet 72 is arranged on the outside of the spatter plasma chamber 62, and an emission field is formed with a magnet 72. The gas for spatter plasma production is introduced into the spatter plasma chamber 62 from the gas induction 80 for spatter plasma production.

[0023] The cylinder-like spatter target 74 is arranged so that the plasma style which generates by the spatter plasma chamber 62 and flows into the membrane formation chamber 60 may be surrounded into the inlet-port part of the membrane formation chamber 60. Bias voltage is supplied to the spatter target 74 from direct-current bias power supply (not shown). In addition, high frequency bias power supply and a matching circuit can also be used instead of direct-current bias power supply.

[0024] The gas for spatter plasma production is introduced into the spatter plasma chamber 62 from the gas induction 80 for spatter plasma production, the inside of the spatter plasma chamber 62 is set to 10-3 to ten to 2 Pa, and microwave with a frequency of 2.45GHz generated with the microwave generator is led to the spatter plasma chamber 62 through a waveguide 70. Microwave is introduced in parallel to magnetic flux. In addition, the installation location of a waveguide 70 can be changed and microwave can also be perpendicularly introduced to magnetic flux. And with a magnet 72, the flux density of 875 gauss which is ECR conditions is given, and the plasma is generated. In this way, the generated plasma flows from the outlet part of the spatter plasma chamber 62 to the inlet-port part of the membrane formation chamber 60.

[0025] A part of this plasma style collides with the spatter target 74 arranged at the inlet-port part of the membrane formation chamber 60, and it performs sputtering. Sputtered particles pass through the inside of a plasma style, and are supplied to the front face of a substrate 66.

[0026] The membrane formation chamber 60 is equipped with the material-gases-for-CVD induction 82. The material gas for CVD is introduced into the membrane formation chamber 60 through the material-gases-for-CVD induction 82 from the material-gases-for-CVD supply system 90 which consisted of a source 84 of material gases for CVD, gas piping 86, and a gas flowmeter 88 that consists of mass flow meter. It is decomposed by the plasma style generated by the spatter plasma chamber 62, and the material gas for CVD is carried to up to a substrate. In this way, on a substrate 66, a thin film is formed with an ECR-CVD method at the same time a thin film is formed by the ECR spatter. In addition, 92 are the flueing section among drawing 1.

[0027] In the 1st mode of the ECR membrane formation equipment of this invention shown in drawing 1, since the material gas for CVD is introduced into the space where sputtered particles exercise, sputtered particles may be scattered about, a mean free path may become short, and the embedding property to opening prepared in the substrate may fall. the 2nd voice of this invention shown in drawing 2 in order to prevent this -- in the ECR membrane formation equipment 100 applied like, the CVD plasma chamber which generates the plasma for CVD is prepared, and it is characterized by making the CVD plasma flow into a membrane formation chamber apart from sputtered particles.

[0028] The ECR membrane formation equipment 100 concerning the 2nd mode consists of the membrane formation chamber 60, the spatter plasma chamber 62, and the CVD plasma chamber 64. The inlet-port part of the membrane formation chamber 60 and the outlet part of the spatter plasma chamber 62 are open for free passage. Moreover, the membrane formation chamber 60 and the CVD plasma chamber 64 are also open for free passage.

[0029] The end of 1st waveguide 70A held at the vacuum is attached in the spatter plasma chamber 62, and the other end of 1st waveguide 70A is attached in the 1st microwave generator (not shown). The microwave generated with the 1st microwave generator is led to the spatter plasma chamber 62 through 1st waveguide 70A. Magnet 72A is arranged on the outside of the spatter plasma chamber 62, and an emission field is formed of magnet 72A.

[0030] The gas for spatter plasma production is introduced into the spatter plasma chamber 62 from the gas induction 80 for spatter plasma production. In the spatter plasma chamber 62, microwave is perpendicularly introduced to magnetic flux. As compared with the case where microwave is introduced



in parallel to magnetic flux, the plasma is generable to stability with this. In addition, the installation location of 1st waveguide 70A can be changed, and microwave can also be introduced in parallel to magnetic flux. Into the outlet part of the spatter plasma chamber 62, and the part which counters, the tabular spatter target 78 can be arranged if needed. By reflecting into the plasma the high-speed electron emitted from the spatter target with the tabular spatter target 78, the plasma of high density is locally generable.

[0031] Two or more spatter targets 74 are arranged so that the plasma style which generates by the spatter plasma chamber 62 and flows into the membrane formation chamber 60 may be surrounded into the inlet-port part of the membrane formation chamber 60. Bias voltage is supplied to the spatter target 74 from direct-current bias power supply (not shown). In addition, high frequency bias power supply and a matching circuit can also be used instead of direct-current bias power supply. A part of plasma style generated by the spatter plasma chamber 62 collides with two or more spatter targets 74 arranged at the inlet-port part of the membrane formation chamber 60, and it performs sputtering. Sputtered particles pass through the inside of a plasma style, and are supplied to the front face of a substrate 66.

[0032] The membrane formation chamber 60 and the CVD plasma chamber 64 are open for free passage. The end of 2nd waveguide 70B held at the vacuum is attached in the CVD plasma chamber 64, and the other end of 2nd waveguide 70B is attached in the 2nd microwave generator (not shown). The microwave generated with the 2nd microwave generator is led to the CVD plasma chamber 64 through 2nd waveguide 70B. Magnet 72B is arranged on the outside of the CVD plasma chamber 64, and an emission field is formed of magnet 72B.

[0033] The CVD plasma chamber 64 is equipped with the material-gases-for-CVD induction 82. The material gas for CVD is introduced into the CVD plasma chamber 64 through the material-gases-for-CVD induction 82 from the material-gases-for-CVD supply system 90 which consisted of a source 84 of material gases for CVD, gas piping 86, and a gas flowmeter 88 that consists of mass flow meter. In addition, the material-gases-for-CVD induction 82 can also be formed in the membrane formation chamber 60. The gas for CVD plasma production is introduced into the CVD plasma chamber 64 from gas induction 80 for CVD plasma production A.

[0034] The material-gases-for-CVD induction 82 to the material gas for CVD and microwave with a frequency of 2.45GHz which introduced the gas for CVD plasma production into the CVD plasma chamber 64 from gas induction 80 for CVD plasma production A, set the inside of the CVD plasma chamber 64 to  $10^{-3}$  to ten to 2 Pa, and was generated with the 2nd microwave generator are led to the CVD plasma chamber 64 through 2nd waveguide 70B. Microwave is introduced in parallel to magnetic flux. In addition, the installation location of 2nd waveguide 70B can be changed, and microwave can also be perpendicularly introduced to magnetic flux. And by magnet 72B, the flux density of 875 gauss which is ECR conditions is given, and the plasma is generated. In this way, the material gas for CVD is decomposed by the generated CVD plasma, and it progresses to up to a substrate.

[0035] As mentioned above, on a substrate, a thin film is formed with an ECR-CVD method at the same time a thin film is formed by the ECR spatter. The CVD plasma generated by the CVD plasma chamber is made to flow into a membrane formation chamber apart from sputtered particles in the ECR membrane formation equipment 100 by this 2nd mode. By this, it is lost that movement of sputtered particles is blocked and the membrane formation nature of sputtered particles can be held good.

[0036] Next, the ECR membrane formation equipment 110 concerning the 3rd embodiment of this invention shown in drawing 3 is explained. the 2nd operative condition of this invention which showed this ECR membrane-formation equipment 110 to drawing 2 -- it is characterized by to make the CVD plasma flow into a membrane-formation chamber apart from the spatter plasma like the ECR membrane-formation equipment 100 applied like, the microwave generated with one microwave generator branches further, and the description is that it made it into the structure introduced into both a spatter plasma chamber and a CVD plasma chamber, respectively.

[0037] The end of 1st waveguide 70A held at the vacuum is attached in the spatter plasma chamber 62, and the other end of 1st waveguide 70A is attached in the microwave generator (not shown). The microwave generated with the microwave generator is led to the spatter plasma chamber 62 through 1st

waveguide 70A. In the spatter plasma chamber 62, microwave is perpendicularly introduced to magnetic flux. In addition, the installation location of 1st waveguide 70A can be changed, and microwave can also be introduced in parallel to magnetic flux.

[0038] The end of 2nd waveguide 70B held at the vacuum is attached in the CVD plasma chamber 64, and the other end of 2nd waveguide 70B is attached in the microwave generator (not shown) with which the 1st waveguide was attached. Namely, in this example, the number of microwave generators is one. The microwave generated with the microwave generator is led to the CVD plasma chamber 64 through 2nd waveguide 70B. In the CVD plasma chamber 64, microwave is introduced in parallel to magnetic flux. In addition, the installation location of 2nd waveguide 70B can be changed, and microwave can also be perpendicularly introduced to magnetic flux.

[0039] In the ECR membrane formation equipment shown in drawing 3, although the material gas for CVD is introduced into the membrane formation chamber 60 from the material-gases-for-CVD induction 82, as shown in drawing 2, the material gas for CVD can also instead be introduced at the CVD plasma chamber 64.

[0040] The structure of the whole equipment can be simplified by making ECR membrane formation equipment into such structure.

[0041] Next, the ECR membrane formation equipment 120 concerning the 4th embodiment of this invention shown in drawing 4 is explained. This ECR membrane formation equipment 120 is thin to the so-called spatter plasma chamber of an electric-field mirror mold ECR sputtering system, i.e., introduce the material gas for CVD of the degree of vacuum of an ECR spatter ambient atmosphere and this level extent, it makes it ionize the matter generated by CVD by the electron in a plasma room, and the description is in the structure which can be made to deposit on a substrate front face together with sputtered particles at it.

[0042] The ECR membrane formation equipment 120 concerning this 4th mode consists of the membrane formation chamber 60 and the spatter plasma chamber 62 like the ECR membrane formation equipment 50 shown in drawing 1. And it is characterized by forming the material-gases-for-CVD induction 82 and the tabular spatter target 78 in the spatter plasma chamber 62.

[0043] The inlet-port part of the membrane formation chamber 60 and the outlet part of the spatter plasma chamber 62 are open for free passage. The end of the waveguide 70 held at the vacuum is attached in the spatter plasma chamber 62, and the other end of a waveguide 70 is attached in the microwave generator (not shown). The microwave generated with the microwave generator is led to the spatter plasma chamber 62 through a waveguide 70. The magnet 72 is arranged on the outside of the spatter plasma chamber 62. The gas for spatter plasma production is introduced into the spatter plasma chamber 62 from the gas induction 80 for spatter plasma production.

[0044] Like the ECR membrane formation equipment 50 shown in drawing 1, the spatter target 74 is arranged at the inlet-port part of the membrane formation chamber 60 so that the plasma style which generates by the spatter plasma chamber 62 and flows into the membrane formation chamber 60 may be surrounded. Moreover, the tabular spatter target 78 is arranged at the outlet part of the spatter plasma chamber 62, and the part which counters. By reflecting into the plasma the high-speed electron emitted from the spatter target with the tabular spatter target 78, the plasma of high density is locally generable.

[0045] The gas for spatter plasma production is introduced into the spatter plasma chamber 62 from the gas induction 80 for spatter plasma production, the inside of the spatter plasma chamber 62 is set to 10-3 to ten to 2 Pa, and microwave with a frequency of 2.45GHz generated with the microwave generator is led to the spatter plasma chamber 62 through a waveguide 70. Microwave is perpendicularly introduced to magnetic flux. In addition, the installation location of a waveguide 70 can be changed and microwave can also be introduced in parallel to magnetic flux. And with a magnet 72, the flux density of 875 gauss which is ECR conditions is given, and the plasma is generated. In this way, the generated plasma flows from the outlet part of the spatter plasma chamber 62 to the inlet-port part of the membrane formation chamber 60.

[0046] A part of this plasma style collides with the spatter target 74 arranged at the inlet-port part of the membrane formation chamber 60, and it performs sputtering. Sputtered particles pass through the inside

of a plasma style, and are supplied to the front face of a substrate 66.

[0047] The spatter plasma chamber 62 is equipped with the material-gases-for-CVD induction 82. The material gas for CVD is introduced into the spatter plasma chamber 62 through material-gases-for-CVD induction from the material-gases-for-CVD supply system 90 which consisted of a source 84 of material gases for CVD, gas piping 86, and a gas flowmeter 88 that consists of mass flow meter. The concentration of the material gas for CVD is comparable as the degree of vacuum of the spatter plasma chamber 62. It is decomposed by the plasma generated by the spatter plasma chamber 62, and the material gas for CVD is carried to up to a substrate. In this way, on a substrate 66, a thin film is formed with an ECR-CVD method at the same time a thin film is formed by the ECR spatter.

[0048] As mentioned above, on a substrate, a thin film is formed with an ECR-CVD method at the same time a thin film is formed by the ECR spatter. In the ECR membrane formation equipment 120 by this 4th mode, since the material gas for CVD of concentration comparable as the degree of vacuum of the spatter plasma chamber 62 is introduced into the spatter plasma chamber 62, movement of sputtered particles is not blocked and the membrane formation nature of sputtered particles can be held good.

[0049] The membrane formation approach of this invention characterized by forming the thin film formed by sputtering and a thin film of the same kind with a electron cyclotron resonance CVD method is explained below with reference to typical drawing 5 of a semiconductor device which is a sectional view a part at the same time it performs sputtering with the plasma generated by the electron cyclotron resonance and forms a thin film. In addition, the ECR membrane formation equipment 50 concerning the 1st mode of this invention is used, and aluminum is formed with an ECR spatter and an ECR-CVD method on a semi-conductor substrate.

[0050] [Process -100] Based on the conventional approach, the component isolation region 12 is first formed in the semi-conductor substrate 10. Subsequently, in order to form a gate electrode, the front face of the semi-conductor substrate 10 is oxidized about 16nm in thickness, and an oxidizing zone 14 is formed. This oxidizing zone 14 is  $H_2/O_2=6/4$ . A liter / part temperature It can form on condition that 850-degreeC. Next, the polish recon layer 16 is made to deposit about 200nm in thickness on condition that the following on an oxidizing zone 14.

$SiH_4/PH_3/H_2=500/0.35/50$ sccm temperature 580-degreeC pressure 79.8Pa WSi two-layer 16A is made to deposit about 100nm in thickness on condition that the following on the polish recon layer 16 further.  $WF_6/SiH_4/helium=10/1000 / 360$ sccm temperature 360-degreeC pressure Subsequently 26.6Pa of gate electrode fields 18 is formed by performing regist patterning and performing dry etching (refer to (A) of drawing 5 ). The conditions of dry etching can be carried out as follows.

$C_2Cl_3F_3/SF_6=65/5$ sccm pressure 1.33Pa microwave power 700WRF power 100W[0051] [A process -110], next the impurity diffusion field 20 shallow into the source / drain field formation schedule part are formed with ion-implantation. Then, a sidewall 22 is formed in the side attachment wall of the gate electrode field 18 by forming  $SiO_2$  two-layer in the whole surface, and performing anisotropy dry etching. In this way, LDD (Lightly Doped Drain) structure is formed. Subsequently, in order to form the source / drain field 24, an ion implantation is performed on the whole surface (refer to (B) of drawing 5 ). The conditions of an ion implantation are As when forming NMOS. 50KeV He is  $BF_2$  when forming  $5 \times 10^{15}/cm^2$  and PMOS. 20KeV It can be referred to as  $3 \times 10^{15}/cm^2$ .

[0052] The layer insulation layer 26 which consists of  $SiO_2$  is made to deposit about 500nm in thickness with a CVD method all over after that [ [process -120] ]. About the conditions of deposition, they are  $SiH_4/O_2-/N_2=250/250 / 100$ sccm temperature. 420-degreeC pressure 1100-degreeC and activation annealing treatment for 10 seconds are performed in  $N_2$  ambient atmosphere after that [ 13.3Pa ]. By this, the impurity in the source / drain field 24 is diffused, and a junction field is formed at the same time it activates Si and WSi2.

[0053] Subsequently, opening 28 is formed by performing regist patterning to the layer insulation layer 26, and performing dry etching. They are the conditions of dry etching  $C_4F_8 = 50$ sccmRF power 1200W pressure It is 2Pa (refer to (C) of drawing 5 ).

[0054] The barrier metal layer 30 which consists of Ti/TiON is made to deposit on the whole surface in a spatter after that [ [process -130] ]. About the spatter conditions of Ti, it is Ar. 40sccm pressure 0.04Pa

sputter power It is referred to as 1kW and Ti with a thickness of 50nm is made to deposit. Moreover, they are the sputter conditions of TiON N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 4 / 0.3sccm pressure 0.05Pa sputter power It is referred to as 1kW and TiON with a thickness of 100nm is made to deposit. Above [process -100] - [a process -130] is based on the conventional approach.

[0055] [Process -140] Subsequently, the approach of this invention was applied and the aluminum layer 32 was formed about 500nm in thickness on the whole surface. That is, the equipment shown in drawing 1 is used, sputtering of the aluminum is carried out with the plasma excited by the electron cyclotron resonance, and an aluminum thin film is formed on the barrier metal layer 30. It can come, simultaneously an aluminum thin film is formed on the barrier metal layer 30 with a electron cyclotron resonance CVD method. The ECR sputter conditions of aluminum were carried out as follows.

Gas for sputter plasma production Ar:40sccm pressure 0.04PaDC sputter power 1kW of ECR-CVD conditions of aluminum was carried out as follows again.

Material gas for CVD Dimethyl aluminum hydride [DMAH, 2(CH<sub>3</sub>) AlH]/H<sub>2</sub>=50/100sccm temperature 300-degreeC microwave power 1000W[0056] After that [ [process -150] ], regist patterning is performed to the aluminum layer 32, subsequently dry etching of the aluminum layer 32 and the barrier metal layer 30 is performed, and a wiring layer is completed. The RF impression mold ECR etcher was used for dry etching, and conditions were carried out as follows at it.

BCl<sub>3</sub>/Cl<sub>2</sub> =60 / 90sccm microwave power 1000WRF power 50W pressure 21.3Pa [0057] Next, the membrane formation approach of this invention that the source of plasma production for sputtering differs from the source of plasma production for a electron cyclotron resonance CVD method is explained. In this approach, the ECR membrane formation equipment 100 concerning the 2nd mode of this invention is used, and aluminum is formed with an ECR sputter and an ECR-CVD method on a semi-conductor substrate.

[0058] The formation process of a barrier metal layer is the same as that of above-mentioned [process -100] - [a process -130] from the process which forms a component isolation region in a [process -200] semi-conductor substrate, and those explanation is omitted.

[0059] [Process -210] Subsequently, the approach of this invention was applied and the aluminum layer 32 was formed about 500nm in thickness on the whole surface. That is, the equipment shown in drawing 2 is used, sputtering of the aluminum is carried out with the plasma excited by the electron cyclotron resonance, and an aluminum thin film is formed on the barrier metal layer 30. It can come, simultaneously an aluminum thin film is formed on the barrier metal layer 30 with a electron cyclotron resonance CVD method. The ECR sputter conditions and ECR-CVD conditions of aluminum were carried out as follows.

Gas for ECR sputter plasma production: H<sub>2</sub>-/Ar=50 / 43sccmCVD material gas : DMAH/H<sub>2</sub>=15 / 50sccm pressure 0.04Pa microwave power 1000WDC sputter power 3kW temperature 300-degreeC

[0060] After that [ [process -220] ], regist patterning is performed to the aluminum layer 32, subsequently dry etching of the aluminum layer 32 and the barrier metal layer 30 is performed, and a wiring layer is completed. This process is the same as the above-mentioned [process -150], and that explanation is omitted.

[0061] As mentioned above, although this invention was explained based on the desirable example, this invention is not limited to these examples. Various kinds of conditions in explanation of the approach of this invention can be suitably changed with the equipment to be used or the property of a thin film demanded. The ECR membrane formation equipment concerning the 2nd of this invention - the 4th mode can be used, and membranes can be formed with an ECR sputter and an ECR-CVD method on a substrate on the in general same conditions. Moreover, the approach and equipment of this invention are applicable to deposition of the insulator layer of membrane formation of various metallic materials, such as a tungsten and titanium, Si, and SiO<sub>2</sub> grade instead of aluminum.

[0062]

[Effect of the Invention] According to the approach of this invention, single or more figures and a membrane formation rate can be raised [ the case where only the conventional ECR sputter with a slow membrane formation rate is used ]. Moreover, an ECR-CVD method can be solved by using together to

an ECR spatter and coincidence, and the homogeneity of the thickness of the formed thin film improves the homogeneous badness of the thickness in the conventional ECR spatter. Therefore, the mass production of a semiconductor device can be coped with and, moreover, the thin film of high quality can be formed to homogeneity on a substrate. Moreover, in the mode of the ECR membrane formation equipment of this invention, since the energy source of the spatter plasma can be used also for CVD, it becomes energy saving.

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-295533

(43)公開日 平成5年(1993)11月9日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

C 2 3 C 14/34  
16/50

識別記号

庁内整理番号

9046-4K  
7325-4K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数6(全 11 頁)

(21)出願番号 特願平4-122865

(22)出願日 平成4年(1992)4月17日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 角 博文

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内

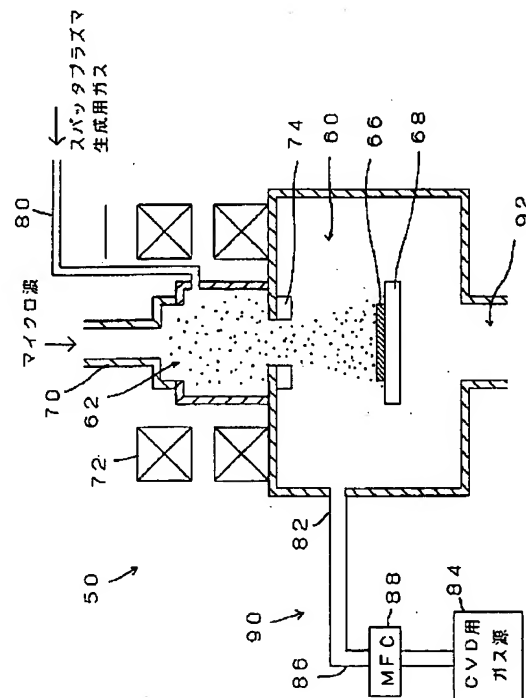
(74)代理人 弁理士 山本 孝久

(54)【発明の名称】 電子サイクロトロン共鳴を用いた成膜方法及び成膜装置

(57)【要約】

【目的】薄膜の成膜速度が早く、且つ基板上に均一に薄膜を成膜させ得る、電子サイクロトロン共鳴(ECR)を用いた成膜方法及び成膜装置を提供する。

【構成】成膜方法は、ECRによって生成したプラズマにてスパッタリングを行い薄膜を成膜すると同時に、スパッタリングによって成膜される薄膜と同種の薄膜をECR-CVD法にて成膜することから成る。また、ECR成膜装置は、(イ)外側に磁石68が配置されたスパッタプラズマチャンバ62と、(ロ)一端がスパッタプラズマチャンバ62に取り付けられ、他端がマイクロ波発生装置に取り付けられた導波管70と、(ハ)スパッタプラズマチャンバの出口部分に入口部分が連通されている成膜チャンバ60と、(ニ)スパッタプラズマチャンバで形成されたプラズマ流を取り囲むように、成膜チャンバの入口部分に配設されたスパッターゲット74と、(ホ)成膜チャンバに設けられたCVD用ガス導入部82、から成る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】電子サイクロトロン共鳴によって生成したプラズマにてスパッタリングを行い薄膜を成膜すると同時に、スパッタリングによって成膜される薄膜と同種の薄膜を電子サイクロトロン共鳴CVD法にて成膜することを特徴とする成膜方法。

【請求項2】スパッタリングのためのプラズマ生成源と、電子サイクロトロン共鳴CVD法のためのプラズマ生成源とが異なることを特徴とする請求項1に記載の成膜方法。

【請求項3】(イ) 外側に磁石が配置されたスパッタプラズマチャンバと、

(ロ) 一端がスパッタプラズマチャンバに取り付けられ、他端がマイクロ波発生装置に取り付けられた導波管と、

(ハ) スパッタプラズマチャンバの出口部分に入口部分が連通されている成膜チャンバと、

(ニ) スパッタプラズマチャンバで形成されたプラズマ流を取り囲むように、成膜チャンバの入口部分に配設されたスパッタターゲットと、

(ホ) 成膜チャンバに設けられたCVD用ガス導入部、から成ることを特徴とする電子サイクロトロン共鳴成膜装置。

【請求項4】(イ) 外側に磁石が配置され、スパッタリングのためのプラズマを生成するスパッタプラズマチャンバと、

(ロ) 一端がスパッタプラズマチャンバに取り付けられ、他端が第1のマイクロ波発生装置に取り付けられた第1の導波管と、

(ハ) スパッタプラズマチャンバの出口部分に入口部分が連通されている成膜チャンバと、

(ニ) スパッタプラズマチャンバで形成されたプラズマ流を取り囲むように、成膜チャンバの入口部分に配設されたスパッタターゲットと、

(ホ) 成膜チャンバに連通し、外側に磁石が配置され、CVDのためのプラズマを生成するCVDプラズマチャンバと、

(ヘ) 一端がCVDプラズマチャンバに取り付けられ、他端が第2のマイクロ波発生装置に取り付けられた第2の導波管と、

(ト) CVDプラズマチャンバに設けられたCVD用ガス導入部、から成ることを特徴とする電子サイクロトロン共鳴成膜装置。

【請求項5】(イ) 外側に磁石が配置され、スパッタリングのためのプラズマを生成するスパッタプラズマチャンバと、

(ロ) 一端がスパッタプラズマチャンバに取り付けられ、他端がマイクロ波発生装置に取り付けられた第1の導波管と、

(ハ) スパッタプラズマチャンバの出口部分に入口部分

が連通されている成膜チャンバと、

(ニ) スパッタプラズマチャンバで形成されたプラズマ流を取り囲むように、成膜チャンバの入口部分に配設されたスパッタターゲットと、

(ホ) 成膜チャンバに連通し、外側に磁石が配置され、CVDのためのプラズマを生成するCVDプラズマチャンバと、

(ヘ) 一端がCVDプラズマチャンバに取り付けられ、他端が前記マイクロ波発生装置に取り付けられた第2の導波管と、

(ト) 成膜チャンバ又はCVDプラズマチャンバに設けられたCVD用ガス導入部、から成ることを特徴とする電子サイクロトロン共鳴成膜装置。

【請求項6】(イ) 外側に磁石が配置されたスパッタプラズマチャンバと、

(ロ) 一端がスパッタプラズマチャンバに取り付けられ、他端がマイクロ波発生装置に取り付けられた導波管と、

(ハ) スパッタプラズマチャンバの出口部分に入口部分が連通されている成膜チャンバと、

(ニ) スパッタプラズマチャンバで形成されたプラズマ流を取り囲むように、成膜チャンバの入口部分に配設されたスパッタターゲットと、

(ホ) スパッタプラズマチャンバに設けられたCVD用ガス導入部、から成ることを特徴とする電子サイクロトロン共鳴成膜装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電子サイクロトロン共鳴を用いた成膜方法及び成膜装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体装置の集積度が高くなるに従い、半導体素子の微細化が進んでいる。半導体装置の内でも、メモリー素子の主流はMOS型半導体素子であり、通常、図5に示すようなプロセスによって半導体素子が形成される。

【0003】【工程-10】半導体基板10に素子分離領域12を形成し、ゲート酸化処理を行いゲート酸化膜14を形成する。次いで多結晶シリコン16及びWSi<sub>2</sub>16Aを堆積させた後パターニングを行い、ゲート電極領域18を形成する。次にLDD (Lightly Doped Drain) 構造形成のためのイオン注入処理を行い、低濃度の浅い不純物拡散領域20を形成する。(図5の(A)参照)。

【0004】【工程-20】次に、全面にシリコン酸化膜を堆積させた後、シリコン酸化膜をエッチバックすることにより、ゲート電極領域18の側部にシリコン酸化膜から成るサイドウォール22を形成する。次いで、イオン注入処理を行うことでソース/ドレイン領域24を形成し、更に活性化アニール処理を行う(図5の(B)



参照)。

【0005】[工程-30]その後、全面に層間絶縁層26を堆積させ、開口部28を形成する(図5の(C)参照)。次いで、金属配線材料を堆積させ、金属配線層(例えば、Al-1%Si/Ti/TiON/Ti構造)を形成する。その後、レジストパターンニングを行い、ドライエッチングを行うことによって、金属配線部を形成する(図5の(D)参照)。尚、図5の(D)において、30はTi/TiON/Ti層から成るバリア金属層、32はAl-1%Si層である。こうして、開口部28内に金属配線材料が堆積された接続孔が完成する。

【0006】次世代以降のULSIにおいて微細パターン形成技術も困難を増している。特に0.5μm程度以下の径を有する開口部内に従来のスパッタ法で金属配線層を埋め込み、コンタクトホール、ビヤホールあるいはスルーホール(以下、総称して接続孔ともいう)を形成することは、極めて困難になりつつある。そこで、所謂高温スパッタ法により開口部にアルミニウムを充填することによって接続孔を形成する方法が提案されている。しかしながら、基板を500°C程度にまで加熱する必要があり、多層配線層構造を有する半導体装置を製造する場合、数回に亘り基板が高温に暴露される。その結果、熱ストレスによって開口部内に充填されたアルミニウムにボイドが発生し易くなり、半導体装置、特に接続孔の信頼性に低下をきたすという問題がある。

【0007】このような問題を解決する方法の1つに、微細な開口部内にタングステン等の金属をCVD法にて充填させる方法が提案されている。しかしながら、形成すべきタングステンは、シリコン基板上の表面状態に微妙に影響を受け、シリコン基板表面に成長したタングステン層が基板表面から剥離したり、タングステンが開口部内で成長しないという問題がある。

【0008】そこで、新しいスパッタ法として、従来のスパッタ法における真空度よりも1桁から2桁希薄な真空度でスパッタリングを行う電子サイクロトロン共鳴(ECR)スパッタ法が提案されている。このECRスパッタ法は、ECRによって生成されたプラズマ流を取り囲むようにスパッタターゲットが配置され、プラズマ流中の一部のイオンを利用してスパッタリングを行う。スパッタ粒子はプラズマ流中を通過して基板表面に供給される。

【0009】このようなECRスパッタ法が、例えば、特開平1-198469号公報に記載されている。この公報に開示された方法は、ECRスパッタ法を用いて、基板上に酸化物超伝導薄膜を形成する方法である。そして、成膜温度を低温として基板選択の幅を広げることを目的とし、ターゲットをスパッタし、酸素を含む雰囲気中においてターゲットに含まれる物質を基板に堆積すると同時に、イオン発生手段により発生したイオンを基板

に照射する。

【0010】このようなECRスパッタ方法によってアルミニウム薄膜を基板に成膜する場合、ECRによって生成した高密度のイオンプラズマが基板表面に衝突し、基板表面でアルミニウムの拡散が生じるために、200°C程度でアルミニウムのリフローができると考えられている。更に、スパッタリング雰囲気が高真空であるために、スパッタ粒子の平均自由行程が長く、散乱し難い。それ故、開口部に堆積するアルミニウムにはオーバーハング形状が発生し難いという利点がある。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このようなECRスパッタ法を半導体装置の量産プロセスに適用しようとした場合、以下に示すような問題が生じる。

(A)スパッタリング雰囲気が高真空であるため、薄膜の成膜速度が、従来のマグネトロンスパッタ法と比較して、1桁程度低下する。

(B)プラズマ流を取り囲むドーナツ状のスパッタターゲット構造を使用する必要があるため、スパッタターゲットから成膜すべき基板の方向にスパッタ粒子が射出し難く、大面積の基板上に均一に薄膜を成膜させることが困難である。

【0012】従って、本発明は従来のECRスパッタ法を改良し、薄膜の成膜速度が早く、且つ基板上に均一に薄膜を成膜させ得る、電子サイクロトロン共鳴を用いた成膜方法及び成膜装置を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、電子サイクロトロン共鳴によって生成したプラズマにてスパッタリングを行い薄膜を成膜すると同時に、スパッタリングによって成膜される薄膜と同種の薄膜を電子サイクロトロン共鳴CVD法にて成膜することを特徴とする本発明の成膜方法によって達成することができる。

【0014】本発明の成膜方法の好ましい実施態様においては、スパッタリングのためのプラズマ生成源と、電子サイクロトロン共鳴CVD法のためのプラズマ生成源とが異なることが望ましい。

【0015】上記の目的を達成するための本発明の第1の態様にかかる電子サイクロトロン共鳴成膜装置は以下の構成から成る(図1参照)。

(イ)外側に磁石68が配置されたスパッタプラズマチャンバ62

(ロ)一端がスパッタプラズマチャンバ62に取り付けられ、他端がマイクロ波発生装置に取り付けられた導波管70

(ハ)スパッタプラズマチャンバの出口部分に入口部分が連通されている成膜チャンバ60

(ニ)スパッタプラズマチャンバで形成されたプラズマ流を取り囲むように、成膜チャンバの入口部分に配設されたスパッタターゲット74



(ホ) 成膜チャンバに設けられたCVD用ガス導入部82

【0016】また、上記の目的を達成するための本発明の第2の態様にかかる電子サイクロトロン共鳴成膜装置は以下の構成から成る(図2参照)。

(イ) 外側に磁石72Aが配置され、スパッタリングのためのプラズマを生成するスパッタプラズマチャンバ62

(ロ) 一端がスパッタプラズマチャンバ62に取り付けられ、他端が第1のマイクロ波発生装置に取り付けられた第1の導波管70A

(ハ) スパッタプラズマチャンバの出口部分に入口部分が連通されている成膜チャンバ60

(ニ) スパッタプラズマチャンバで形成されたプラズマ流を取り囲むように、成膜チャンバの入口部分に配設されたスパッタターゲット74

(ホ) 成膜チャンバ60に連通し、外側に磁石72Bが配置され、CVDのためのプラズマを生成するCVDプラズマチャンバ64

(ヘ) 一端がCVDプラズマチャンバ64に取り付けられ、他端が第2のマイクロ波発生装置に取り付けられた第2の導波管70B

(ト) CVDプラズマチャンバ64又は成膜チャンバ60に設けられたCVD用ガス導入部82

【0017】更に、上記の目的を達成するための本発明の第3の態様にかかる電子サイクロトロン共鳴成膜装置は以下の構成から成る(図3参照)。

(イ) 外側に磁石72Aが配置され、スパッタリングのためのプラズマを生成するスパッタプラズマチャンバ62

(ロ) 一端がスパッタプラズマチャンバ62に取り付けられ、他端がマイクロ波発生装置に取り付けられた第1の導波管70A

(ハ) スパッタプラズマチャンバの出口部分に入口部分が連通されている成膜チャンバ60

(ニ) スパッタプラズマチャンバで形成されたプラズマ流を取り囲むように、成膜チャンバの入口部分に配設されたスパッタターゲット74

(ホ) 成膜チャンバ60に連通し、外側に磁石72Bが配置され、CVDのためのプラズマを生成するCVDプラズマチャンバ64

(ヘ) 一端がCVDプラズマチャンバ64に取り付けられ、他端が前記マイクロ波発生装置に取り付けられた第2の導波管70B

(ト) 成膜チャンバ60又はCVDプラズマチャンバ64に設けられたCVD用ガス導入部82

【0018】更に、上記の目的を達成するための本発明の第4の態様にかかる電子サイクロトロン共鳴成膜装置は以下の構成から成る(図4参照)。

(イ) 外側に磁石68が配置されたスパッタプラズマチ

ャンバ62

(ロ) 一端がスパッタプラズマチャンバ62に取り付けられ、他端がマイクロ波発生装置に取り付けられた導波管70

(ハ) スパッタプラズマチャンバの出口部分に入口部分が連通されている成膜チャンバ60

(ニ) スパッタプラズマチャンバで形成されたプラズマ流を取り囲むように、成膜チャンバの入口部分に配設されたスパッタターゲット74

(ホ) スパッタプラズマチャンバ62に設けられたCVD用ガス導入部82

【0019】

【作用】本発明は、低温での成膜が可能でしかも開口部等での成膜性に優れたECRスパッタ法を用い、且つ、成膜速度の早いECR-CVD法により同時に成膜を行うので、半導体装置の量産に対処でき、しかも高品質の薄膜を基板上に均一に成膜することができる。

【0020】

【実施例】以下、先ず、本発明のECR成膜装置を、図1～図4を参照して説明し、次に、本発明のECR成膜装置を使用した成膜方法についての説明を行う。尚、図1～図4において、同一参照番号は、同一部品あるいは同一要素を表す。

【0021】図1に、本発明の第1の態様にかかるECR成膜装置50を示す。この第1の態様に係るECR成膜装置50は、成膜チャンバ60及びスパッタプラズマチャンバ62から成る。そして、成膜チャンバ60にCVD用ガス導入部82が設けられていることを特徴とする。

【0022】成膜チャンバ60の入口部分とスパッタプラズマチャンバ62の出口部分とは連通している。図1中、66は、その上に薄膜を形成すべき基板、68は基板ホルダーである。真空中に保持された導波管70の一端がスパッタプラズマチャンバ62に取り付けられており、導波管70の他端はマイクロ波発生装置(図示せず)に取り付けられている。マイクロ波発生装置で発生したマイクロ波は、導波管70を経て、スパッタプラズマチャンバ62へと導かれる。スパッタプラズマチャンバ62の外側には磁石72が配置されており、磁石72によって発散磁界が形成される。スパッタプラズマチャンバ62にはスパッタプラズマ生成用ガス導入部80からスパッタプラズマ生成用ガスが導入される。

【0023】成膜チャンバ60の入口部分には、スパッタプラズマチャンバ62にて生成した成膜チャンバ60に流れ込むプラズマ流を取り囲むように、円筒状のスパッタターゲット74が配置されている。スパッタターゲット74には直流バイアス電源(図示せず)からバイアス電圧が供給される。尚、直流バイアス電源の代わりに、高周波バイアス電源とマッチング回路を用いることもできる。

【0024】スパッタプラズマ生成用ガスをスパッタプラズマ生成用ガス導入部80からスパッタプラズマチャンバ62に導入して、スパッタプラズマチャンバ62内を $10^{-3} \sim 10^{-2}$  Paとし、マイクロ波発生装置で発生させた周波数2.45 GHzのマイクロ波を、導波管70を経て、スパッタプラズマチャンバ62へと導く。マイクロ波は磁束に対して平行に導入される。尚、導波管70の取り付け位置を変えて、マイクロ波を磁束に対して垂直に導入することもできる。そして磁石72によってECR条件である875 Gaussの磁束密度を与えてプラズマを生成する。こうして生成されたプラズマは、スパッタプラズマチャンバ62の出口部分から成膜チャンバ60の入口部分へと流れる。

【0025】このプラズマ流の一部は、成膜チャンバ60の入口部分に配置されたスパッタターゲット74と衝突し、スパッタリングを行う。スパッタ粒子はプラズマ流中を通過して基板66の表面に供給される。

【0026】成膜チャンバ60はCVD用ガス導入部82を備えている。CVD用ガス源84、ガス配管86、及びマスフローメータから成るガス流量計88から構成されたCVD用ガス供給系90から、CVD用原料ガスがCVD用ガス導入部82を介して成膜チャンバ60に導入される。CVD用原料ガスは、スパッタプラズマチャンバ62にて生成されたプラズマ流によって分解され、基板上へと運ばれる。こうして、基板66上には、ECRスパッタ法で薄膜が成膜されると同時に、ECR-CVD法で薄膜が成膜される。尚、図1中、92はガス排気部である。

【0027】図1に示した本発明のECR成膜装置の第1の態様においては、スパッタ粒子の運動する空間にCVD用原料ガスが導入されるので、スパッタ粒子が散乱され、平均自由行程が短くなり、基板に設けられた開口部等への埋め込み特性が低下する場合がある。これを防ぐために、図2に示す本発明の第2の態様にかかるECR成膜装置100においては、CVDのためのプラズマを生成するCVDプラズマチャンバを設け、スパッタ粒子とは別に、CVDプラズマを成膜チャンバに流入させることを特徴とする。

【0028】第2の態様に係るECR成膜装置100は、成膜チャンバ60、スパッタプラズマチャンバ62及びCVDプラズマチャンバ64から成る。成膜チャンバ60の入口部分とスパッタプラズマチャンバ62の出口部分とは連通している。また、成膜チャンバ60とCVDプラズマチャンバ64も連通している。

【0029】真空中に保持された第1の導波管70Aの一端がスパッタプラズマチャンバ62に取り付けられており、第1の導波管70Aの他端は第1のマイクロ波発生装置（図示せず）に取り付けられている。第1のマイクロ波発生装置で発生したマイクロ波は、第1の導波管70Aを経て、スパッタプラズマチャンバ62へと導かれ

る。スパッタプラズマチャンバ62の外側には磁石72Aが配置されており、磁石72Aによって発散磁界が形成される。

【0030】スパッタプラズマチャンバ62にはスパッタプラズマ生成用ガス導入部80からスパッタプラズマ生成用ガスが導入される。スパッタプラズマチャンバ62において、マイクロ波は磁束に対して垂直に導入される。これによって、マイクロ波が磁束に対して平行に導入される場合と比較して、安定にプラズマを生成することができる。尚、第1の導波管70Aの取り付け位置を変えて、マイクロ波を磁束に対して平行に導入することもできる。スパッタプラズマチャンバ62の出口部分と対向する部分には、必要に応じて、板状のスパッタターゲット78を配置することができる。スパッタターゲット78から放出された高速電子を板状のスパッタターゲット78でプラズマ中に反射させることによって、局部的に高密度のプラズマを生成することができる。

【0031】成膜チャンバ60の入口部分には、スパッタプラズマチャンバ62にて生成した成膜チャンバ60に流れ込むプラズマ流を取り囲むように、複数のスパッタターゲット74が配置されている。スパッタターゲット74には直流バイアス電源（図示せず）からバイアス電圧が供給される。尚、直流バイアス電源の代わりに、高周波バイアス電源とマッチング回路を用いることもできる。スパッタプラズマチャンバ62にて生成されたプラズマ流の一部は、成膜チャンバ60の入口部分に配置された複数のスパッタターゲット74と衝突し、スパッタリングを行う。スパッタ粒子はプラズマ流中を通過して基板66の表面に供給される。

【0032】成膜チャンバ60と、CVDプラズマチャンバ64とは連通している。真空中に保持された第2の導波管70Bの一端がCVDプラズマチャンバ64に取り付けられており、第2の導波管70Bの他端は第2のマイクロ波発生装置（図示せず）に取り付けられている。第2のマイクロ波発生装置で発生したマイクロ波は、第2の導波管70Bを経て、CVDプラズマチャンバ64へと導かれる。CVDプラズマチャンバ64の外側には磁石72Bが配置されており、磁石72Bによって発散磁界が形成される。

【0033】CVDプラズマチャンバ64にはCVD用ガス導入部82が備えられている。CVD用ガス源84、ガス配管86、及びマスフローメータから成るガス流量計88から構成されたCVD用ガス供給系90から、CVD用原料ガスがCVD用ガス導入部82を介してCVDプラズマチャンバ64に導入される。尚、CVD用ガス導入部82を成膜チャンバ60に設けることもできる。CVDプラズマチャンバ64にはCVDプラズマ生成用ガス導入部80AからCVDプラズマ生成用ガスが導入される。

【0034】CVD用ガス導入部82からCVD用原料

ガスを、そして、CVDプラズマ生成用ガス導入部80AからCVDプラズマ生成用ガスを、CVDプラズマチャンバ64に導入して、CVDプラズマチャンバ64内を $10^{-3} \sim 10^{-2}$  Paとし、第2のマイクロ波発生装置で発生させた周波数2.45 GHzのマイクロ波を、第2の導波管70Bを経て、CVDプラズマチャンバ64へと導く。マイクロ波は磁束に対して平行に導入される。尚、第2の導波管70Bの取り付け位置を変えて、マイクロ波を磁束に対して垂直に導入することもできる。そして磁石72BによってECR条件である875 Gaussの磁束密度を与えてプラズマを生成する。こうして生成されたCVDプラズマによってCVD用原料ガスが分解され、基板上へと運ばれる。

【0035】以上のように、基板上には、ECRスパッタ法で薄膜が成膜されると同時に、ECR-CVD法で薄膜が成膜される。この第2の態様によるECR成膜装置100においては、CVDプラズマチャンバで生成されたCVDプラズマを、スパッタ粒子とは別に成膜チャンバに流入させる。これによって、スパッタ粒子の運動が妨害されることが無くなり、スパッタ粒子の成膜性を良好に保持できる。

【0036】次に、図3に示す本発明の第3の実施態様にかかるECR成膜装置110について説明する。このECR成膜装置110は、図2に示した本発明の第2の実施態様にかかるECR成膜装置100と同様に、CVDプラズマをスパッタプラズマと別に成膜チャンバに流入させることを特徴とし、更に、1つのマイクロ波発生装置で発生させたマイクロ波を分岐させて、それぞれスパッタプラズマチャンバとCVDプラズマチャンバの両方に導入する構造とした点に特徴がある。

【0037】真空中に保持された第1の導波管70Aの一端がスパッタプラズマチャンバ62に取り付けられており、第1の導波管70Aの他端はマイクロ波発生装置（図示せず）に取り付けられている。マイクロ波発生装置で発生したマイクロ波は、第1の導波管70Aを経て、スパッタプラズマチャンバ62へと導かれる。スパッタプラズマチャンバ62において、マイクロ波は磁束に対して垂直に導入される。尚、第1の導波管70Aの取り付け位置を変えて、マイクロ波を磁束に対して平行に導入することもできる。

【0038】真空中に保持された第2の導波管70Bの一端がCVDプラズマチャンバ64に取り付けられており、第2の導波管70Bの他端は、第1の導波管が取り付けられたマイクロ波発生装置（図示せず）に取り付けられている。即ち、この実施例においては、マイクロ波発生装置は1つである。マイクロ波発生装置で発生したマイクロ波は、第2の導波管70Bを経て、CVDプラズマチャンバ64へと導かれる。CVDプラズマチャンバ64において、マイクロ波は磁束に対して平行に導入される。尚、第2の導波管70Bの取り付け位置を変え

て、マイクロ波を磁束に対して垂直に導入することもできる。

【0039】図3に示したECR成膜装置においては、CVD用ガス導入部82からCVD用原料ガスを成膜チャンバ60に導入するが、この代わりに、図2に示したように、CVD用原料ガスをCVDプラズマチャンバ64に導入することもできる。

【0040】ECR成膜装置をこのような構造にすることで、装置全体の構造を簡素化することができる。

【0041】次に、図4に示す本発明の第4の実施態様にかかるECR成膜装置120について説明する。このECR成膜装置120は、所謂電界ミラー型ECRスパッタ装置のスパッタプラズマチャンバに、希薄な、即ち、ECRスパッタ雰囲気と同レベル程度の真空度の、CVD用原料ガスを導入し、CVDにより生成した物質をプラズマ室中の電子でイオン化させ、スパッタ粒子と一緒に基板表面に堆積させることの出来る構造に特徴がある。

【0042】この第4の態様に係るECR成膜装置120は、図1に示したECR成膜装置50と同様に、成膜チャンバ60及びスパッタプラズマチャンバ62から成る。そして、スパッタプラズマチャンバ62に、CVD用ガス導入部82及び板状のスパッタターゲット78が設けられていることを特徴とする。

【0043】成膜チャンバ60の入口部分とスパッタプラズマチャンバ62の出口部分とは連通している。真空中に保持された導波管70の一端がスパッタプラズマチャンバ62に取り付けられており、導波管70の他端はマイクロ波発生装置（図示せず）に取り付けられている。マイクロ波発生装置で発生したマイクロ波は、導波管70を経て、スパッタプラズマチャンバ62へと導かれる。スパッタプラズマチャンバ62の外側には磁石72が配置されている。スパッタプラズマチャンバ62にはスパッタプラズマ生成用ガス導入部80からスパッタプラズマ生成用ガスが導入される。

【0044】成膜チャンバ60の入口部分には、図1に示したECR成膜装置50と同様に、スパッタプラズマチャンバ62にて生成し成膜チャンバ60に流れ込むプラズマ流を取り囲むように、スパッタターゲット74が配置されている。また、スパッタプラズマチャンバ62の出口部分と対向する部分には、板状のスパッタターゲット78が配置されている。スパッタターゲットから放出された高速電子を板状のスパッタターゲット78でプラズマ中に反射させることによって、局部的に高密度のプラズマを生成することができる。

【0045】スパッタプラズマ生成用ガスをスパッタプラズマ生成用ガス導入部80からスパッタプラズマチャンバ62に導入して、スパッタプラズマチャンバ62内を $10^{-3} \sim 10^{-2}$  Paとし、マイクロ波発生装置で発生させた周波数2.45 GHzのマイクロ波を、導波管7

0を経て、スパッタプラズマチャンバ62へと導く。マイクロ波は磁束に対して垂直に導入される。尚、導波管70の取り付け位置を変えて、マイクロ波を磁束に対して平行に導入することもできる。そして磁石72によってECR条件である875ガウスの磁束密度を与えてプラズマを生成する。こうして生成されたプラズマは、スパッタプラズマチャンバ62の出口部分から成膜チャンバ60の入口部分へと流れる。

【0046】このプラズマ流の一部は、成膜チャンバ60の入口部分に配置されたスパッタターゲット74と衝突し、スパッタリングを行う。スパッタ粒子はプラズマ流中を通過して基板66の表面に供給される。

【0047】スパッタプラズマチャンバ62はCVD用ガス導入部82を備えている。CVD用ガス源84、ガス配管86、及びマスフローメータから成るガス流量計88から構成されたCVD用ガス供給系90から、CVD用原料ガスがCVD用ガス導入部を介してスパッタプラズマチャンバ62に導入される。CVD用原料ガスの濃度は、スパッタプラズマチャンバ62の真空度と同程度である。CVD用原料ガスは、スパッタプラズマチャンバ62にて生成されたプラズマによって分解され、基板上へと運ばれる。こうして、基板66上には、ECRスパッタ法で薄膜が成膜されると同時に、ECR-CVD法で薄膜が成膜される。

【0048】以上のように、基板上には、ECRスパッタ法で薄膜が成膜されると同時に、ECR-CVD法で薄膜が成膜される。この第4の態様によるECR成膜装置120においては、スパッタプラズマチャンバ62の真空度と同程度の濃度のCVD用原料ガスが、スパッタプラズマチャンバ62に導入されるので、スパッタ粒子の運動が妨害されることが無く、スパッタ粒子の成膜性を良好に保持できる。

【0049】電子サイクロトロン共鳴によって生成したプラズマにてスパッタリングを行い薄膜を成膜すると同時に、スパッタリングによって成膜される薄膜と同種の薄膜を電子サイクロトロン共鳴CVD法にて成膜することを特徴とする本発明の成膜方法を、半導体素子の模式的な一部断面図である図5を参照して、以下説明する。尚、本発明の第1の態様にかかるECR成膜装置50を使用して、半導体基板上にアルミニウムをECRスパッタ法及びECR-CVD法で成膜する。

【0050】[工程-100] 先ず、従来の方法に基づき、半導体基板10に素子分離領域12を形成する。次いで、ゲート電極を形成するために半導体基板10の表面を厚さ16nm程度酸化させ、酸化層14を形成する。この酸化層14は、例えば、 $H_2/O_2=6/4$  リットル/分  
温度 850°C  
の条件で形成することができる。次に、酸化層14の上にポリシリコン層16を、例えば以下の条件で厚さ20

0nm程度堆積させる。

$SiH_4/PH_3/H_2=500/0.35/50$  sccm

温度 580°C

圧力 79.8 Pa

更に、ポリシリコン層16の上にWSi<sub>2</sub>層16Aを、例えば以下の条件で厚さ100nm程度堆積させる。

$WF_6/SiH_4/He=10/1000/360$  sccm

温度 360°C

圧力 26.6 Pa

次いで、レジストパターンニングを施し、ドライエッチングを行うことによって、ゲート電極領域18を形成する(図5の(A)参照)。ドライエッチングの条件を、例えば以下のとおりとすることができる。

$C_2Cl_3F_3/SF_6=65/5$  sccm

圧力 1.33 Pa

マイクロ波パワー 700W

RFパワー 100W

【0051】[工程-110] 次に、ソース/ドレイン領域形成予定部分に浅い不純物拡散領域20をイオン注入法で形成する。その後、全面にSiO<sub>2</sub>層を形成し、異方性ドライエッチングを行うことによって、ゲート電極領域18の側壁にサイドウォール22を形成する。こうして、LDD (Lightly Doped Drain) 構造が形成される。次いで、ソース/ドレイン領域24を形成するために、全面にイオン注入を行う(図5の(B)参照)。イオン注入の条件は、例えば、NMOSを形成する場合、

As 50KeV  $5 \times 10^{15}/cm^2$

また、PMOSを形成する場合、

BF<sub>2</sub> 20KeV  $3 \times 10^{15}/cm^2$

とすることができる。

【0052】[工程-120] その後、全面に、例えばSiO<sub>2</sub>から成る層間絶縁層26をCVD法にて厚さ500nm程度堆積させる。堆積の条件を、例えば、

$SiH_4/O_2/N_2=250/250/100$  sccm

温度 420°C

圧力 13.3 Pa

その後、N<sub>2</sub>雰囲気中で1100°C、10秒の活性化アニール処理を行う。これによって、Si及びWSi<sub>2</sub>の活性化を行うと同時に、ソース/ドレイン領域24における不純物の拡散を行い接合領域を形成する。

【0053】次いで、層間絶縁層26にレジストパターンニングを施し、ドライエッチングを行うことによって、開口部28を形成する。ドライエッチングの条件を、例えば、

$C_4F_8=50$  sccm

RFパワー 1200W

圧力 2 Pa

とすることができる(図5の(C)参照)。

【0054】[工程-130] その後、Ti/TiON

から成るバリアメタル層30をスパッタ法にて全面に堆積させる。Tiのスパッタ条件を、例えば、

Ar 40 sccm  
圧力 0.04 Pa  
スパッタパワー 1 kW

とし、厚さ50 nmのTiを堆積させる。また、TiONのスパッタ条件を、例えば、

N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 4/0.3 sccm  
圧力 0.05 Pa  
スパッタパワー 1 kW

とし、厚さ100 nmのTiONを堆積させる。以上の【工程-100】～【工程-130】は、従来の方法に基づいている。

【0055】【工程-140】次いで、本発明の方法を適用して、全面にアルミニウム層32を厚さ約500 nm成膜した。即ち、図1に示した装置を使用して、電子サイクロトロン共鳴によって励起したプラズマにてアルミニウムをスパッタリングして、アルミニウム薄膜をバリアメタル層30上に成膜する。これと同時に、電子サイクロトロン共鳴CVD法にてアルミニウム薄膜をバリアメタル層30上に成膜する。アルミニウムのECRスパッタ条件を、例えば以下のとおりとした。

スパッタプラズマ生成用ガス Ar : 40 sccm  
圧力 0.04 Pa  
DCスパッタパワー 1 kW

また、アルミニウムのECR-CVD条件を、例えば以下のとおりとした。

CVD用原料ガス ジメチルアルミニウムハイドライド [DMAH, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>AlH] / H<sub>2</sub> = 50 / 100 sccm

温度 300° C  
マイクロ波パワー 1000 W

【0056】【工程-150】その後、アルミニウム層32にレジストパターニングを施し、次いでアルミニウム層32及びバリアメタル層30のドライエッチングを行い、配線層を完成させる。ドライエッチングには、RF印加型ECRエッチャーを使用し、条件を、例えば以下のとおりとした。

BCl<sub>3</sub>/Cl<sub>2</sub> = 60 / 90 sccm  
マイクロ波パワー 1000 W  
RFパワー 50 W  
圧力 21.3 Pa

【0057】次に、スパッタリングのためのプラズマ生成源と、電子サイクロトロン共鳴CVD法のためのプラズマ生成源とが異なる本発明の成膜方法を説明する。この方法においては、本発明の第2の態様にかかるECR成膜装置100を使用して、半導体基板上にアルミニウムをECRスパッタ法及びECR-CVD法で成膜する。

【0058】【工程-200】半導体基板上に素子分離領

域を形成する工程からバリアメタル層の形成工程は、上述の【工程-100】～【工程-130】と同一であり、それらの説明は省略する。

【0059】【工程-210】次いで、本発明の方法を適用して、全面にアルミニウム層32を厚さ約500 nm成膜した。即ち、図2に示した装置を使用して、電子サイクロトロン共鳴によって励起したプラズマにてアルミニウムをスパッタリングして、アルミニウム薄膜をバリアメタル層30上に成膜する。これと同時に、電子サイクロトロン共鳴CVD法にてアルミニウム薄膜をバリアメタル層30上に成膜する。アルミニウムのECRスパッタ条件及びECR-CVD条件を、例えば以下のとおりとした。

ECRスパッタプラズマ生成用ガス : H<sub>2</sub> / Ar = 50 / 43 sccm

CVD原料ガス : DMAH / H<sub>2</sub> = 15 / 50 sccm

圧力 0.04 Pa  
マイクロ波パワー 1000 W  
DCスパッタパワー 3 kW  
温度 300° C

【0060】【工程-220】その後、アルミニウム層32にレジストパターニングを施し、次いでアルミニウム層32及びバリアメタル層30のドライエッチングを行い、配線層を完成させる。この工程は、上述の【工程-150】と同様であり、その説明は省略する。

【0061】以上、本発明を好ましい実施例に基づき説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。本発明の方法の説明における各種の条件は、使用する装置や要求される薄膜の特性によって適宜変更することができる。本発明の第2～第4の態様にかかるECR成膜装置を使用して、概ね同様の条件にて、基板上にECRスパッタ法及びECR-CVD法にて成膜することができる。また、アルミニウムの代わりに、タングステン、チタン等の各種金属材料の成膜、Si、SiO<sub>2</sub>等の絶縁膜の堆積に本発明の方法及び装置を適用することができる。

【0062】

【発明の効果】本発明の方法によれば、成膜速度の遅い従来のECRスパッタ法のみを用いた場合と比較して、例えば1桁以上、成膜速度を向上させることができる。また、従来のECRスパッタ法における膜厚の均一性の悪さを、ECRスパッタ法と同時にECR-CVD法を併用することで解決でき、成膜された薄膜の膜厚の均一性が向上する。従って、半導体装置の量産に対処でき、しかも高品質の薄膜を基板上に均一に成膜することができる。また、本発明のECR成膜装置の態様においては、スパッタプラズマのエネルギー源をCVDにも用いることができるので、省エネルギーとなる。

【図面の簡単な説明】

### 3 2 配線層

50, 100, 110, 120 ECR成膜装置

60 成膜チャンバ

62 スパッタプラズマチャンバ

64 CVDプラズマチャンバ

## 6 6 基板

70 導波管

70A 第1の導波管

70B 第2の導波管

72, 72A, 72B 磁石

## 74 スパッタターゲット

## 78 板状のスパッタターゲット

【符号の説明】

## 80 スパッタプラズマ生成用ガス導入部

80A CVDプラズマ生成用ガス導入部

## 8.2 CVD用ガス導入部

## 84 CVD用ガス源

## 90 CVD用ガス供給系

## 10 半导体基板

## 18 ゲート電極領域

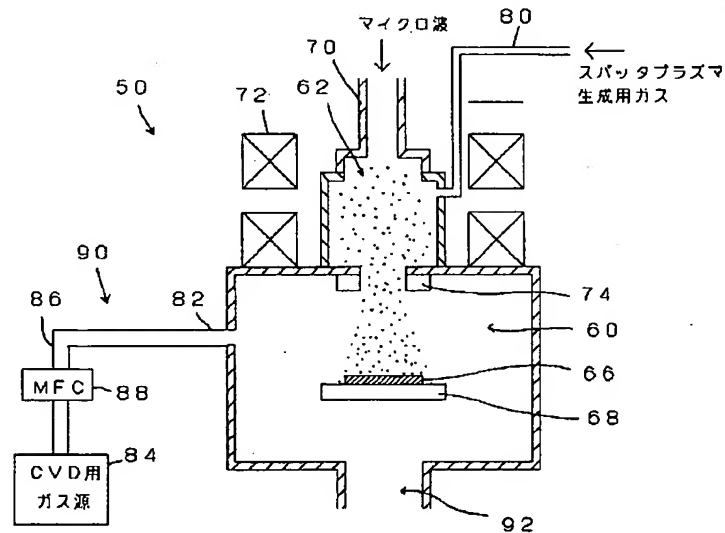
## 24 ソース/ドレイン領域

## 2.6 層間絶縁層

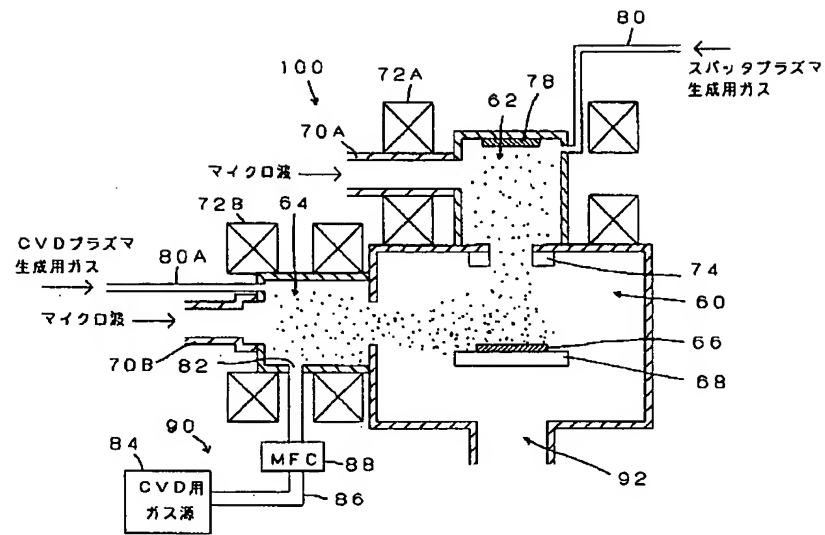
28 開口部

### 30 パリヤメタル層

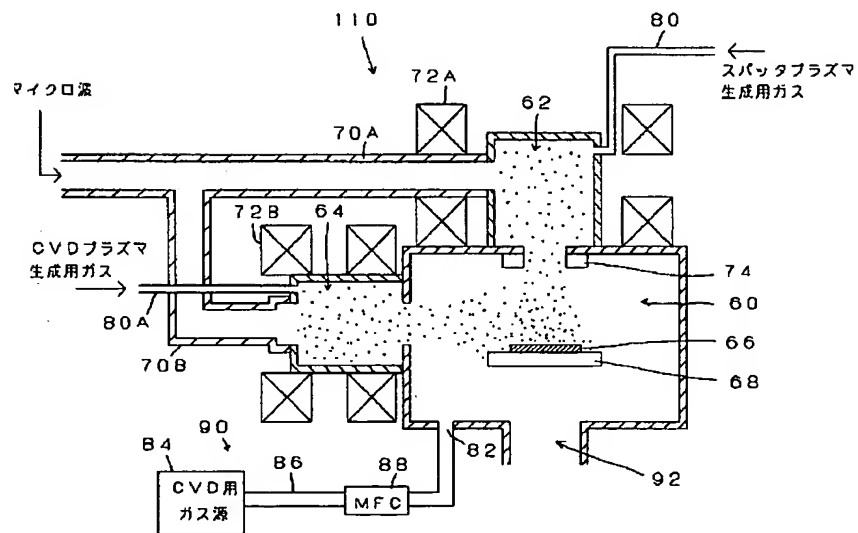
【図 1】



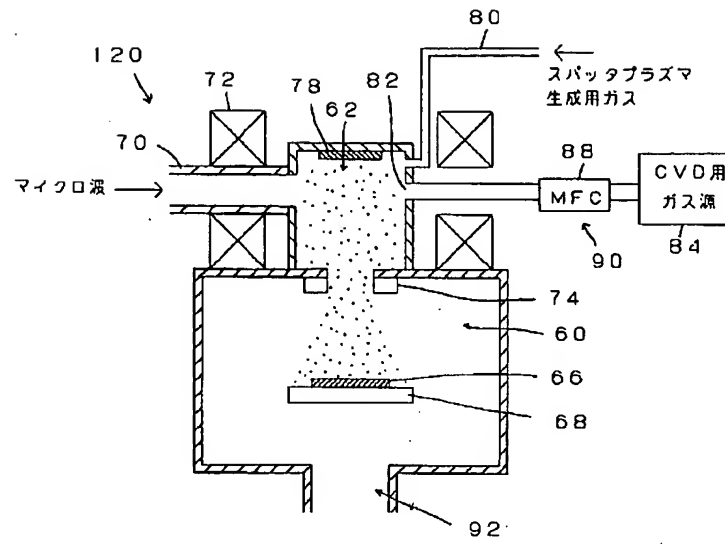
【図2】



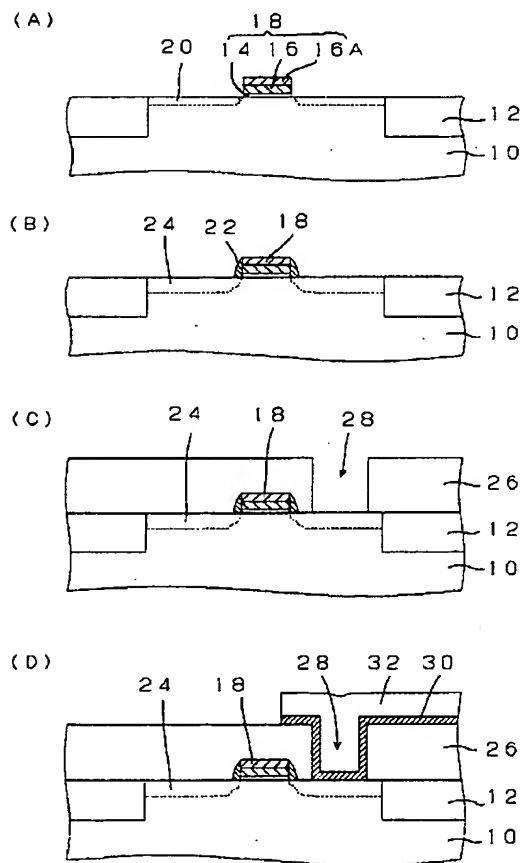
【図3】



【図4】



【図5】





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**